

## PENGARUH SUBSTITUSI LUMPUR SIDOARJO (LUSI) TERHADAP KUAT TEKAN BATA BETON (PAVING BLOCK)

Masbuhin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan

Jl. Veteran No. 53A Lamongan

0322-324706

E-mail: [masbuhinmn@gmail.com](mailto:masbuhinmn@gmail.com)

### ABSTRACT

*This study aims to determine the process of utilizing Sidoarjo Mud (LUSI) as a substitute for paving blocks and to determine the results of the compressive strength test of using LUSI as a substitute for paving blocks. The LUSI substitution is expected to be able to provide innovations in the construction of a paving block mixture. The research method used is the experimental method. The manufacture of test objects starts from the preparation stage, mix design, manufacture of test objects, testing and classifying paving blocks according to SNI 03-0691-1996. The sample of specimens used normal mix design and mix design substitute LUSI 40% of the fine aggregate value. Based on the results of research, paving blocks with a normal mix design of 1Pc: 2Ps are classified as quality A, 1Pc: 3Ps and 1Pc: 4Ps are classified as B quality, while for paving blocks substituting LUSI in a mixture of 1Pc: 2Ps is classified as quality B, for a mixture of 1Pc: 3Ps and 1Pc: 4Ps is classified as C quality. It can be concluded that the compressive strength of paving blocks has decreased in compressive strength after being substituted by LUSI, with a successive percentage value of 32%, 59% and 58%.*

**Keywords:** LUSI, Paving Block, Compressive Strength

### 1. PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan lingkungan hidup. Kerusakan lingkungan hidup berdampak buruk terhadap aktifitas di lingkungan sekitar yang berpengaruh langsung terhadap kondisi fisik maupun aktifitas sosial dan ekonomi.

Pada tahun 2006 terjadi bencana di Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo. Bencana ini lebih dikenal dengan sebutan Semburan Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo (LUSI). Upaya penganggulangan semburan LUSI sudah dilakukan dengan beberapa kali skenario pengehentian, hanya saja sampai saat ini belum berhasil menghentikan semburan tersebut.

Bencana alam di Indonesia bukan hanya bencana semburan LUSI saja, bencana lainnya juga sering kita jumpai di Indonesia, seperti halnya banjir. Bencana banjir merupakan permasalahan yang harus dihadapi sebagian kota-kota besar. Penggunaan aspal yang masih dominan digunakan di jalan-jalan yang bertonase rendah, seperti halnya di jalan-jalan Desa, perumahan dan halaman gedung di instansi-instansi juga masih dominan menggunakan perkerasan aspal, yang mana penggunaan aspal dapat mempengaruhi daya resap air hujan.

Perkembangan penggunaan beton saat ini bukan hanya digunakan pada konstruksi gedung saja, untuk saat ini beton sudah dikembangkan sebagai perkerasan kaku (*Rigit Pavement*), dalam perkembangan perkerasan kaku ini telah banyak digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, antara lain perkerasan kaku dengan menggunakan

campuran beton bertulang atau menggunakan beton terkunci seperti *Paving Block* dan lain-lain.

Inovasi-inovasi dalam bidang pembangunan saat ini diperlukan untuk kemajuan pembangunan, salah satunya adalah dengan inovasi perkerasan pada jalan, yang dalam hal ini menggunakan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan bata beton (*Paving Block*). *Paving Block* dengan inovasi ini diharapkan semakin banyak digunakan sebagai pengganti aspal, karena mudah dipasang dan tidak memerlukan alat berat serta dapat diproduksi secara massal, pemeliharaan mudah karena bisa dipasang dan dibongkar kembali.

*Paving Block* merupakan material terbuat dari bahan-bahan yang tergolong dari Sumber Daya Alam yang tidak bisa diperbarui. Penggunaan bahan yang dilakukan secara terus menerus sebagai bahan konstruksi berdampak pada kerusakan alam. Hal tersebut mendorong ditemukannya inovasi-inovasi material alternatif sebagai substitusi bahan pembuatan *paving block*.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu:

- (a) Bagaimana proses awal hingga akhir pemanfaatan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block*?
- (b) Bagaimana hasil uji kuat tekan pemanfaatan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block*?

Berdasarkan rumusan-rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (a) Untuk mengetahui proses awal hingga akhir pemanfaatan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block*.
- (b) Untuk mengetahui hasil uji kuat tekan pemanfaatan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block*.

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002).

Beton merupakan campuran dari beberapa bahan, antara lain agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, bendungan dan lain-lain.

Menurut Asroni (2010:2), Secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil), kadang-kadang ditambahkan campuran dari bahan lain seperti *admixture* untuk memperbaiki atau menambah kuat tekan dari kualitas beton.

Bata beton (*Paving Block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton tersebut (SNI-03-0691-1996).

*Paving block* biasanya terdiri dari campuran semen, agregat dan air, sehingga memiliki karakteristik yang hampir mendekati mortar. Diluar negeri istilah *paving block* dibagi menjadi dua jenis, pertama *concrete block* yang disini dikenal dengan *conblock*. Kedua adalah *clay pavers/ clay block/ clay bricks block* yang ada di pasaran.

Selain sebagai penutup permukaan tanah dan peresapan air, *paving block* merupakan alternatif baru sebagai sistem perkerasan. Kekuatan *paving block* yang terpasang di atas permukaan tanah ditentukan oleh dua hal, yaitu:

- (a) Kuat tekan masing-masing elemen *paving block* yang terbuat dari beton dengan mutu tertentu.
- (b) Gesekan antar elemen *paving block* yang dapat terjadi dengan adanya pasir sebagai bahan pengisi diantara sela-sela *paving block*.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan serta mutu dari *paving block*. Pradana (2019:19) menyebutkan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan serta mutu dari *paving block* yaitu kekuatan beton tergantung pada perbandingan adukan dan disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan.

Dalam SNI-03-0691-1996, dijelaskan bahwa syarat mutu bata beton adalah sebagai berikut:

- (a) Sifat Tampak  
Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
- (b) Dimensi/ Ukuran  
Bata beton harus mempunyai ukuran minimum 60 mm dengan toleransi +8%.
- (c) Sifat Fisika  
Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 1. Sifat-sifat Fisika Bata Beton (*Paving Block*)**

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-rata Maks.
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: SNI 03-0691-1996

- (d) Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat  
Bata beton (*paving block*) apabila diuji tidak boleh cacat dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.  
Klasifikasi *paving block* yang dijelaskan pada SNI-03-0691-1996, adalah sebagai berikut:
  - (a) Klasifikasi berdasarkan kegunaan dibedakan menjadi 4 klasifikasi *paving block*. *Paving block* mutu A digunakan untuk jalan, *Paving block* mutu B digunakan untuk peralatan parkir, *Paving block* mutu C digunakan untuk pejalan kaki, *Paving block* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain.
  - (b) Klasifikasi berdasarkan cara pembuatan dibedakan menjadi 3, yaitu: *Paving block press* manual atau menggunakan tangan. *Paving block press* mesin vibrasi/ getar dan yang terakhir adalah *paving block press* mesin hidrolik.
  - (c) Klasifikasi berdasarkan bentuk, secara garis besar *paving block* dibagi menjadi 2, yaitu *paving block* berbentuk segi empat dan *paving block* berbentuk segi banyak yang terdiri dari *hexagon* (segi enam), *cacing*, *grass block*, *uskup*, *antik* dan *thirex*.

Lumpur Sidoarjo adalah lumpur panas yang menyembur keluar pada saat pengeboran minyak di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Volume lumpur yang keluar rata-rata mencapai  $\pm 100.000$  m<sup>3</sup>/hari, namun akhir-akhir ini diperkirakan volume lumpur yang keluar sebesar 25.000-50.000 m<sup>3</sup>/hari (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo tahun 2012). Rencana induk penanganan Lumpur Sidoarjo yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo menyebutkan prinsip kesatuan penanganan

Lumpur Sidoarjo yang harus memperhatikan tata kelola lingkungan, diantaranya adalah *reduce, reuse, recycle, repair* dan *renewable*. Pemanfaatan kembali (*reuse*) material mentah yang melimpah yaitu Lumpur Sidoarjo menjadi material lain yang lebih bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi dapat dijadikan salah satu alternatif penanganan dampak semburan Lumpur Sidoarjo. Kapasitas waduk penampung Lumpur Sidoarjo yang dibangun oleh BPLS memiliki kapasitas 54 juta m<sup>3</sup>, sehingga potensi Lumpur Sidoarjo untuk dimanfaatkan sangat besar (Sugiharto dan Lasino, 2018).

Mineral yang dikeluarkan dari semburan Lumpur Sidoarjo memiliki sifat-sifat fisis berbentuk butiran halus, berwarna abu-abu kehitaman, sangat plastis dan memiliki nilai susut kering tinggi, unsur kimia yang terkandung didominasi oleh silika (>50%) alumina (26%) dan magnesium dengan jumlah relatif kecil (Sugiarto dan Lasino, 2018).

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Depudi Bidang TPSA-BPPT, lumpur lapindo mempunyai kandungan mineral serta kimia yang baik untuk pembuatan keramik dan bahan bangunan yang berbahan dasar semen karena lumpur Sidoarjo dinilai memiliki kandungan silika yang tinggi. Pengujian toksikologi di 3 laboratorium terakreditasi (Sucofindo, Corelab, Bogorlab) diperoleh kesimpulan bahwa lumpur Sidoarjo tidak termasuk limbah B3 baik untuk bahan anorganik seperti Arsen, Barium, Boron, Timbal, Raksa, Sianida Bebas dan sebagainya, maupun bahan organik seperti, *Trichlorophenol*, *Chlordane*, *Chlorobenzene*, *Chloroform* dan sebagainya.

**Tabel 2. Komposisi Lumpur Sidoarjo**

No	Komponen	Komposisi (%)
1	SiO <sub>2</sub>	53,08
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,27
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,60
4	CaO	2,07
5	Na <sub>2</sub> O	2,97
6	K <sub>2</sub> O	1,44
7	TiO <sub>2</sub>	0,57
8	MgO	2,89
9	SO <sub>2</sub>	2,96
10	LOI	10,15

Sumber: Ekaputri Januarti (2014)

Menurut Lasino (2016), LUSI bisa digunakan sebagai bahan bangunan, yang mana pada LUSI terdapat sifat fisis dan mekanis, serta unsur kimia.

(a) Sifat Fisis dan Mekanis

Berikut ini adalah hasil pemeriksaan sifat fisis-mekanis.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis**

No	Uraian	Hasil	Syarat	Ket
	Plastisitas		-	-
1	Batas Cair (LL).....%	65,50	-	-

	Batas Plastis (PL).....%	28,10	-	-
	Indeks Plastis (IP.....)%	37,40	<30,00	Sangat Plastis
2	Klasifikasi	CH	-	Lanau Plastis
3	Berat Isi Basah (g/cm <sup>3</sup> )	1,79	-	-

Sumber: Lasino (2016)

(b) Unsur Kimia

**Tabel 4. Hasil Analisis Kimia**

No	Unsur	Hasil Uji (%)	Syarat
1	SiO <sub>2</sub>	52,79	50 – 70
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,35	10 – 35
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,51	2 – 8
4	CaO	1,97	0,5 – 15
5	MgO	2,53	0,2 – 5
6	K <sub>2</sub> O	2,86	-
7	Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,08	-
8	SO <sub>3</sub>	0,98	0 – 0,5
9	HP	1,92	3 - 12

Sumber: Lasino (2016)

**2. METODE**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dalam penelitian ini secara umum terdapat beberapa tahapan, yang dimulai dengan tahap persiapan, tahap pemilihan variabel pengukuran, pengumpulan data, analisis data dan tahap penarikan kesimpulan.

Parameter yang diuji dalam pengumpulan data adalah uji kuat tekan, dimana benda uji ditekan menggunakan alat (*Universal Testing Machine*) dan pengujian benda uji dilakukan pada saat berumur 7 hari yang kemudian nanti akan dikonversi ke 28 hari.

Populasi dalam penelitian ini adalah *Job Mix* formula campuran bata beton segar yang dilihat terhadap nilai-nilai hasil uji kuat tekan yang meliputi stabilitas, keawetan atau ketahanan dan kemudahan dalam pelaksanaan.

Sampel pada penelitian ini menggunakan sampel dari populasi, dikarekankan jumlah populasi bersifat data hasil pengujian di laboratorium. Sampel penelitian ini meliputi bahan campuran bata beton normal campuran bata beton dengan substitusi LUSI 40%, dengan masing-masing kombinasi campuran 1Pc:2Ps, 1Pc:3Ps dan 1Pc:4Ps yang masing-masing sebanyak 4 buah benda uji pada setiap *mix design*.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Proses Pemanfaatan LUSI**

Penggunaan LUSI sebagai substitusi agregat halus dalam penggunaan bata beton (*Paving Block*) dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

(a) Tahap Pengambilan Bahan LUSI

Tahap ini merupakan tahap awal dari pemanfaatan LUSI, yang mana pada penelitian ini sampel bahan diambil langsung dari tempat

penampungan semburan, yaitu di sekitar area semburan lumpur dengan jarak pengambilan sampel bahan  $\pm$  300 meter dari pusat semburan LUSI.

(b) Tahap Pengeringan LUSI

LUSI yang telah diambil dalam keadaan basah, maka setelah dilakukan pengeringan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari sampai kering.

**3.2 Analisa Bahan**

(a) Pengujian Semen

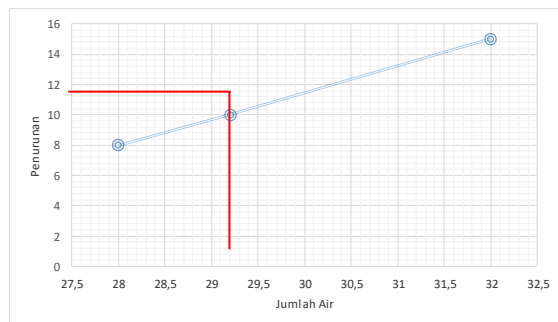
Penelitian ini menggunakan semen Gresik (Semen Indonesia) sebagai bahan pengikat dari campuran *paving block*

**Tabel 5. Konsistensi Normal Semen Portland**

Percobaan Nomor	I	II
Berat Semen (gr)	250 gr	250gr
Berat Air (ml)	70	67,5
Penurunan (mm)	8	15
Konsistensi	28%	32%

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Menurut ASTM 187-89 kadar air dalam semen yang baik adalah ketika terjadi penurunan 10 mm.



**Gambar 1. Grafik Prosentasi Air dengan Penurunan Jarum Vicat**

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari hasil pembacaan grafik di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk penurunan 10 mm dibutuhkan air sebanyak 29,2%.

(b) Pengujian Penurunan Semen Portland

Pengujian ikat semen digunakan untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan oleh semen agar nanti menghasilkan campuran yang dapat mengikat dengan baik.

**Tabel 6. Waktu Pengikatan dan Pengerasan Semen**

No	Waktu Penurunan (menit)	Penurunan (mm)
1	45	24
2	60	20
3	75	16
4	90	14
5	105	12
6	120	9
7	135	6
8	150	3
9	165	2

No	Waktu Penurunan (menit)	Penurunan (mm)
10	180	1,5
11	195	1
12	210	0,5
13	225	0

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

(c) Pengujian Berat Jenis Semen

**Tabel 7. Berat Jenis Semen**

Percobaan Nomor	I	II
Berat Semen (w1) - (gr)	250gr	250gr
Berat Semen + minyak + Labu Takar (w2) - (gr)	548	550
Berat Labu Takar + Minyak	364	365
Bj + 0,8 w1 / (w1 + w3 - w2)	3,03	3,03

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari hasil pengujian berat jenis semen, nilai rata-rata yang didapatkan yaitu sebesar 3,05 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan ASTM C 188-95 berat jenis semen *portland* mempunyai besaran antara 3,0–3,2 gr/cm<sup>3</sup>.

(d) Pengujian Analisa Saringan Distribusi Ukuran Butir/Gradasi Pasir

**Tabel 8. Hasil Uji Ayakan Pasir**

Saringan	Tertinggal	%Komulatif	Lolos	
No	mm	Gram	% Tertinggal	
4	4,75	40	4,10	95,90
8	2,36	50	5,13	90,77
30	0,6	355	36,41	54,36
50	0,3	230	23,59	69,23
100	0,15	210	21,54	90,77
Pan	Pan	90	9,23	100,00
Jumlah		975	100	318,97
		FM = $\Sigma\%/100$		3,19

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Diperoleh FM pasir sebesar 3,19 MBH. Syarat modulus halus butir untuk beton menurut ASTM yaitu 2,20%-2,10% MHB 2,5 s/d 3,0.

(e) Pengujian Kadar Air Agregat Halus

**Tabel 9. Kelembapan Pasir**

Percobaan Nomor	I	II
Berat Pasir (w1) - (gr)	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven (w2) - (gr)	491 gr	494 gr
Kelembapan Pasir : (w1 - w2)/w2 x 100%	1,83%	1,21%

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari data tabel di atas diperoleh kelembapan pasir sebesar 1,52 %. Menurut ASTM C 566-89 yang diperbolehkan untuk kelembapan pasir sebesar dalam penggunaan beton adalah < 0,1%.

(f) Pengujian Pasir Pada Kondisi SSD

**Tabel 10. Berat Jenis Pasir**

Percobaan Nomor	I	II
Berat Labu + Pasir Basah (w1) - (gr)	883 gr	879 gr
Berat Pasir SSD (w2) - (gr)	250 gr	250 gr
Berat Labu + Air (w2) - (gr)	725 gr	725 gr

Kelembapan Pasir : $w_2(w_2 - w_3) - (w_1)$	1,83%	1,21%
--	-------	-------

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari data tabel di atas diperoleh berat jenis pasir sebesar 2,66 %. Berat jenis pasir yang disyaratkan dalam ASTM C 128-78 yang digunakan campuran beton adalah yang berada dalam batas antara 2,4 sampai dengan 2,7 gr/dm<sup>3</sup>.

(g) Pengujian Kadar Resapan Air

**Tabel 11. Kadar Resapan Air**

Percobaan Nomor	I	II
Berat Pasir SSD (gr)	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven (w1) – (gr)	490 gr	489 gr
Kadar Air Resapan : (500 – w1)/w1 x 100%	2,04%	2,25%

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari tabel di atas diperoleh kadar air resapan pasir sebesar 2,14 %. Absorpsi (penyerapan air), syarat absorpsi menurut ASTM adalah 0,2% - 2,0%.

(h) Pengujian Bobot Isi Rongga Udara dalam Pasir

**Tabel 12. Berat Volume Pasir**

Jenis Percobaan	Kondisi Biasa	Dengan Rojokan	Dengan Ketukan
Berat Silinder (w1) – (kg)	11,73 kg	11,73 kg	11,73 kg
Berat Silinder + Pasir (w2) – (kg)	18,35 kg	19,74 kg	19,48 kg
Berat Pasir (w2 - w1) – (kg)	6,64 kg	8,035 kg	7,855 kg
Volume Silinder (v) – (liter)	5,299 lt	5,299 lt	5,299 lt
Berat Volume (w2 – w1)/v	1,249 kg/lt	1,512 kg/lt	1,462 kg/lt

Sumber: Hasil Penelitian, (2020)

Dari tabel di atas diperoleh volume pasir sebesar 1,401 kg/liter, berat volume pasir spesifikasi agregat halus menurut ASTM C29 yaitu 1,6 – 1,9 kg/liter.

### 3.3 Proses Pembuatan Benda Uji

(a) *Mix Design* Bata Beton (*Paving Block*)

Perbandingan campuran material beton pada penelitian ini yaitu 1 PC : 2 PS, 1 PC : 3 PS dan 1 PC : 4 PS. Maka dapat ditentukan porsi dari masing-masing material yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil campuran beton yang sesuai dengan tujuan penelitian ini. Campuran dibawah ini merupakan campuran untuk benda uji pada penelitian ini.

(1) *Mix Design Paving Block* Normal

**Tabel 13. Kebutuhan Semen Portland untuk 4 Buah (*Paving Block*) Normal**

Campuran	Semen	Satuan	Semen	Satuan
1Pc : 2Ps	0,0002408	m <sup>3</sup>	5,02	Kg
1Pc : 3Ps	0,0001806	m <sup>3</sup>	3,76	Kg

1Pc : 4Ps	0,0001444	m <sup>3</sup>	3,01	kg
-----------	-----------	----------------	------	----

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

**Tabel 14. Kebutuhan Pasir untuk 4 Buah (*Paving Block*) Normal**

Campuran	Pasir	Satuan	Pasir	Satuan
1Pc : 2Ps	0,0004816	m <sup>3</sup>	7,22	Kg
1Pc : 3Ps	0,0005418	m <sup>3</sup>	8,13	Kg
1Pc : 4Ps	0,0005779	m <sup>3</sup>	8,67	kg

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

(2) *Mix Design Paving Block* Substitusi LUSI 40%

**Tabel 15. Kebutuhan Pasir untuk 4 Buah (*Paving Block*) Substitusi**

Campuran	Pasir	Satuan	Pasir	Satuan
1Pc : 2Ps	0,0002889	m <sup>3</sup>	4,33	Kg
1Pc : 3Ps	0,0003251	m <sup>3</sup>	4,88	Kg
1Pc : 4Ps	0,0003468	m <sup>3</sup>	5,20	kg

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

**Tabel 16. Kebutuhan LUSI untuk 4 buah (*Paving Block*)**

Campuran	LUSI	Satuan	LUSI	Satuan
1Pc : 2Ps	0,0001926	m <sup>3</sup>	2,89	Kg
1Pc : 3Ps	0,0002167	m <sup>3</sup>	3,25	Kg
1Pc : 4Ps	0,0002312	m <sup>3</sup>	3,47	kg

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Perhitungan air menggunakan ketentuan dari nilai FAS pada buku karangan Tjokroadimuljo. K, 1986 dalam penelitian terdahulu dari Dewi, Andi Rosita tahun 2014, yaitu sebesar 0,4 dengan spesifikasi beton diluar bangunan tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung, yang berdasarkan SK-SNI didapat kebutuhan air untuk bahan susun 1 m<sup>3</sup> *paving block* sebagai berikut:

**Tabel 17. Kebutuhan Air untuk 4 Buah *Paving Block***

No	Campuran	Kebutuhan Air	Satuan
1	1Pc : 2Ps	0,0001926	liter
2	1Pc : 3Ps	0,0002167	liter
3	1Pc : 4Ps	0,0002312	liter

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Perhitungan *mix design paving block* direncanakan dengan komposisi sebagai berikut 1 PC : 2 PS, 1 PC : 3 PS dan 1 PC : 4 PS. Pembuatan *paving block* tidak membutuhkan air terlalu banyak, apabila penambahan air terlalu banyak, maka campuran *paving block* tidak dapat dicetak.

### 3.4 Pengujian Benda Uji

Proses pengujian benda uji dilakukan pada umur 7 hari. Adapun beberapa tahapan dalam pengujian benda uji yaitu:

(a) Pengukuran Benda Uji

Pengukuran benda uji dilakukan untuk memastikan ukuran benda uji sesuai dengan yang telah direncanakan, pengukuran dilakukan di

semua sisi benda uji paving block. Data dimensi benda uji paving block hasil pengukuran adalah sebagai berikut, Panjang (p) = 20,5 cm, Lebar (l) = 10,5 cm, Tebal (t) = 8 cm, Luas (L) = 215,25 cm<sup>2</sup>.

Semua benda uji berukuran sama karena menggunakan cetakan yang sama dengan data seperti yang telah dituliskan diatas. Panjang paving block mengikuti standart ukuran dari pabrik, yaitu 20,5 cm.

(b) Penimbangan Benda Uji

Penimbangan benda uji dilakukan sebelum pengujian kuat tekan pada benda uji, pengujian benda uji dilakukan untuk mengetahui berat setiap benda uji dan data tersebut digunakan sebagai data penelitian. Berikut ini adalah data hasil penimbangan benda uji paving block.

**Tabel 18. Berat Benda Uji Paving Block Normal dan Substitusi LUSI**

No	Benda Uji	Rata-rata (Kg)
1	Normal 1Pc : 2Ps	2,90
2		2,98
3		3,06
4	Substitusi 1Pc : 2Ps	2,91
5		3,01
6		3,03

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

**3.5 Analisa Data Hasil Pengujian Kuat Tekan**

Analisa data kuat tekan didapat dari hasil pengujian kuat tekan paving block dengan campuran normal atau dengan yang sudah disubstitusi LUSI sebesar 40% dari nilai agregat halus.

Kuat Tekan = P/A ..... (1)

Keterangan: P = Tekanan Hancur (ton)

A = Luas Penampang (terkena tekanan)

Sumber: SNI 03-0691-1996 : Paving Block

tahap selanjutnya adalah dilakukan perhitungan nilai kuat tekan rata-rata dari masing-masing proporsi campuran dari masing-masing benda uji menggunakan rumus sebagai berikut: Kuat tekan

rata-rata =  $\frac{\text{Kuat Tekan BU (A+B+C)}}{\text{Jumlah Benda Uji}}$  ..... (2)

**Tabel 19. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 7 Hari**

No	Benda Uji	Tekanan Hancur Rata-rata (Ton)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Normal 1Pc : 2Ps	39,25	279,86
2		36,25	258,47
3		32,19	229,95
4	Substitusi 1Pc : 2Ps	26,50	188,95
5		15,00	106,95
6		13,50	96,26

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Setelah didapatkan hasil dari uji kuat tekan paving block maka tahap selanjutnya adalah proses analisa dari umur 7 hari ke umur 28 hari. Adapun nilai koefisien hari dari konversi umur 7 hari ke umur 28 hari adalah sebagai berikut:

**Tabel 20. Perbandingan Koefisien Hari Kuat Tekan Paving Block**

Umur Beton (Hari)	7	14	21	28
Semen Portland Biasa	0,65	0,88	0,95	1,00
Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi	0,75	0,90	0,95	1,00

Sumber: Pradana, (2019)

Dari tabel diatas, maka dapat dibaca untuk nilai koefisien hari kuat tekan pada umur 7 hari adalah 0,65 sedangkan pada umur 28 hari adalah 1,00 maka untuk perhitungan didapatkan persamaan sebagai berikut:

Nilai konversi =  $\frac{\text{Kuat Tekan x 1}}{0,65}$  ..... (3)

Sebagai contoh benda uji normal dengan kuat tekan 279,86 kg/cm<sup>2</sup>

Nilai konversi =  $\frac{279,86 \times 1}{0,65} = 430,55 \text{ kg/cm}^2$

Berikut ini adalah nilai hasil konversi kuat tekan benda uji pada umur 7 hari ke umur 28 hari, sebagai berikut:

**Tabel 21. Hasil konversi Nilai Rata-rata Kuat Tekan Paving Block Normal Umur 7 Hari ke Umur 28 Hari**

No	Benda Uji	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	
		7 Hari	28 Hari
1	Normal 1Pc : 2Ps	279,86	430,55
2		258,47	397,64
3		229,47	353,76
4	Substitusi 1Pc : 2Ps	188,95	290,69
5		106,95	164,54
6		96,26	148,09

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Dari nilai kuat tekan kg/cm<sup>2</sup> pada tabel dilakukan konversi ke satuan Mpa untuk menggolongkan standart kuat tekan pada SNI 03-0691-1996 dengan ketentuan perbandingan benda uji sebagai berikut:

**Tabel 22. Perbandingan Kuat Tekan pada Berbagai Benda Uji**

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15cm x 15cm x 15cm	1,00
Kubus 20cm x 20cm x 20cm	0,95
Silinder 15cm x 30cm	0,83

Sumber: PBI 1971 N.1-2, 1971

Dimana:

1 Mpa = 1 N/mm<sup>2</sup>  
 1 Kg = 9,81 N  
 1 N/mm<sup>2</sup> = (1/9,81) kg/mm<sup>2</sup>  
 = (100 / 9,81) kg/cm<sup>2</sup>  
 1 Mpa = (100 / 9,81) kg/cm<sup>2</sup>  
 1 kg/cm<sup>2</sup> = (9,81 / 100) Mpa

Perhitungan pada benda uji normal dengan kuat tekan 430,55 kg/cm<sup>2</sup> kemudian dikonversi ke silinder 15 cm x 30 cm = 430,55 x 0,83 = 357,36 kg/cm<sup>2</sup>  
Konversi satuan ke Mpa = 357,36 x 9,81 / 100 = 35,06 Mpa

**Tabel 23. Hasil Konversi Rata-rata Kuat Tekan dari Kg/cm<sup>2</sup> ke Mpa**

No	Benda Uji	Kuat Tekan	
		kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	Normal	1Pc : 2Ps	430,55
2		1Pc : 3Ps	397,64
3		1Pc : 4Ps	353,76
4	Substitusi	1Pc : 2Ps	290,69
5		1Pc : 3Ps	164,54
6		1Pc : 4Ps	148,09

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

### 3.6 Hasil Uji Kuat Tekan Pemanfaatan LUSI

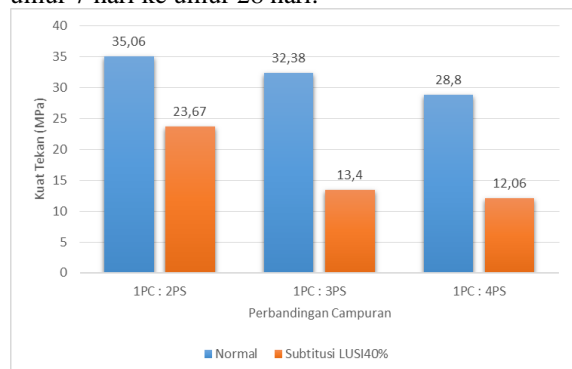
Hasil penelitian kuat tekan *paving block* dengan komposisi campuran 1Pc:2Ps, 1Pc:3Ps dan 1Pc:2Ps dengan proporsi normal dengan dibandingkan dengan substitusi LUSI sebesar 40% dari nilai agregat halus. Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan kuat tekan *paving block* setelah dilakukan konversi ke 28 hari.

**Tabel 24. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block**

No	Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)
1	Normal	1Pc : 2Ps
2		1Pc : 3Ps
3		1Pc : 4Ps
4	Substitusi	1Pc : 2Ps
5		1Pc : 3Ps
6		1Pc : 4Ps

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Berikut ini adalah grafik perbandingan hasil kuat tekan *paving block* normal dan *paving block* substitusi LUSI yang sudah dilakukan konversi dari umur 7 hari ke umur 28 hari.



**Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Paving Block Normal dengan Paving Block Substitusi LUSI 40%**

### 3.7 Penggolongan Mutu Paving Block

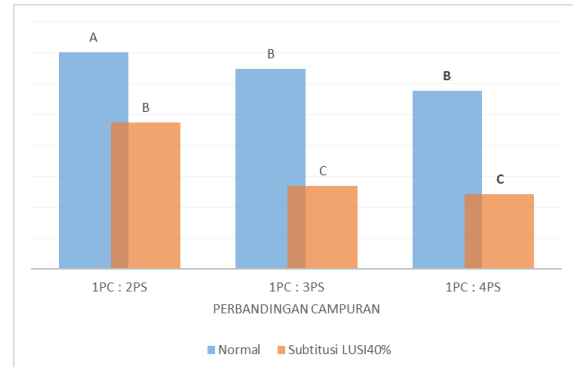
Penggolongan mutu *paving block* Hasil analisa data selanjutnya digolongkan dalam standart mutu kuat tekan *paving block* dengan mengacu SNI 03-0691-1996: *Paving Block*. Berikut ini adalah penggolongan mutu kuat tekan *paving block*.

**Tabel 25. Penggolongan Mutu Standart Kuat Tekan Paving Block**

No	Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Mutu
1	Normal	1Pc : 2Ps	A
2		1Pc : 3Ps	B
3		1Pc : 4Ps	B
4	Substitusi	1Pc : 2Ps	B
5		1Pc : 3Ps	C
6		1Pc : 4Ps	C

Sumber: Hasil Analisa, (2020)

Berikut ini adalah perbandingan mutu *paving block* komposisi campuran normal dengan substitusi LUSI 40%.



**Gambar 3. Perbandingan Mutu Paving Block Normal dengan Substitusi LUSI 40%**

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan:

- proses pemanfaatan LUSI sebelum digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus terdapat beberapa tahap, yaitu tahap pengambilan bahan, tahap pengeringan bahan dan tahap pencampuran bahan.
- Kuat tekan yang dihasilkan setelah agregat halus disubstitusi dengan LUSI mengalami penurunan pada kuat tekan, dengan nilai prosentase penurunan berurutan sebesar 32%, 59% dan 58%. *Paving Block* dengan *mix design* normal 1Pc:2Ps tergolong dalam mutu "A" dan untuk campuran 1Pc:3Ps dan 1Pc:4Ps tergolong dalam mutu "B", sedangkan untuk *paving block* substitusi LUSI pada campuran 1Pc:2Ps Tergolong dalam mutu "B" dan untuk campuran 1Pc:3Ps dan 1Pc:4Ps tergolong dalam mutu "C".

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini, pada pelaksanaan maupun hasil yang diperoleh, maka dalam hal ini akan diberikan saran-saran untuk

memperbaiki penelitian selanjutnya yang sejenis, yaitu:

- (a) perlu adanya penelitian lanjut tentang kuat tekan *paving block* dengan substitusi LUSI yang berbeda untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang lebih optimal.
- (b) Perlu adanya penelitian lanjut tentang metode penggunaan LUSI sebagai substitusi agregat agar lebih efisien digunakan sebagai substitusi agregat dalam pembuatan *paving block*.
- (c) Perlu adanya penelitian lanjut tentang penggunaan LUSI sebagai substitusi semen dalam pembuatan *paving block*.

#### PUSTAKA

- Asroni, Ali. 2010. *Balok Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- BSNI. 2002. SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSNI.
- BSNI. 1996. SNI 03-0691-1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Jakarta: BSNI.
- Ekaputri, J.J., dan Triwulan. 2014. *Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lasino. 2016. *Solusi untuk LUSI Lumpur Sidoarjo*. Jakarta: CV. Cipta Dea Pustaka.
- Pradana, Wijaya BP. 2019. Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kerang (*Anadara Granosa*) Terhadap Perubahan Kuat Tekan Bata Beton (*Paving Block*). *Skripsi*. Lamongan: Universitas Islam Lamongan.
- Sugiharto, Bambang dan Lasion. 2018. *LUSI Sebagai Material Konstruksi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.